Archive of SID

# بررسی اثر الیاف شیشه بر خواص ترکیبات قالبگیری ملامین-فرمالدهید

## The Effect of Glass Fiber on the Properties of Melamine-FormaldEhyde Molding Compounds

مرادعلی خطیبی، محمدحسین بهشتی*، جلیل مرشدیان
تهران- پژوهشگاه پلیمر ایران، صندوق پستی ۱۱۵/۱۴۹۶۵
دریافت: ۷۹/۶/۶، پذیرش: ۸۰/۸/۱۹

چکیده

از مصرف رزینهای ملامین-فرمالدهید در ساختن وسایل آشپزخانه روز به روز کاسته می‌شود و امروزه تلاش بر آن است که از این رزین بیشتر برای کارهای پوشش‌دهی، نرینات و دکوراسیون استفاده شود. علاوه بر این، به دلیل داشتن خواص عالی مثل سختی، براقیت سطح، مقاومت گرمایی و الکتریکی، لزوم استفاده از این مواد در کاربردهای ساختاری شدت احساس می‌شود. در این پژوهش، از الیاف شیشه به علت داشتن مدول و استحکام زیاد به عنوان تقویت کننده در آمیزه‌های قالبگیری ملامین-فرمالدهید استفاده شده و اثر این الیاف بر خواص فیزیکی و مکانیکی آمیزه‌های یاد شده تا میزان ۶۰ درصد وزنی مورد مطالعه قرار گرفته است. آزمونهای مختلف خواص فیزیکی و مکانیکی روی قطعات بدست آمده انجام شده و رفتار گرمایی آمیزه‌ها نیز به وسیله دستگاه DSC/TG بررسی شده است. از نتایج بدست آمده چنین برمی‌آید که آمیزه‌های تقویت شده با الیاف شیشه در مقایسه با آمیزه‌های تقویت شده با الیاف آلفاسلولوز از خواص مکانیکی مناسب بهتری برخوردارند و آمیزه‌ای که با ۵۰ درصد وزنی الیاف شیشه تقویت شده است دارای بهترین خواص مکانیکی است.

واژه‌های کلیدی: ملامین-فرمالدهید، ترکیبات قالبگیری، الیاف شیشه، الیاف آلفا سلولوز، کامپوزیت
*Key Words: melamine-formaldehyde, molding compounds, glass fiber, α-cellulose fiber, composite*

### مقدمه

تاکنون روی سنتز رزین ملامین-فرمالدهید کارهای بسیاری انجام شده [۱-۴]، ولی روی خواص و بهینه کردن آمیزه‌های قالبگیری آنها کارهای پژوهشی چندانی صورت نگرفته است. از این رو، بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی و طراحی آمیزه‌هایی که بتواند خواص و کیفیت بهتر داشته باشد، ضروری بنظر می‌رسد. هرچند ترکیبات قالبگیری ملامین-فرمالدهید دارای خواص فیزیکی و مکانیکی مناسب برای کاربردهای عمومی‌اند، ولی توسعه کاربرد این ترکیبات در کاربردهای مهندسی ایجاب می‌کند که در بهبود هر چه بیشتر خواص این مواد تلاش شود، تا بتوان آنها را در کاربردهای ساختاری نیز مورد استفاده قرار داد [۵].

استحکام ضربه‌ای، انعطاف‌پذیری و پایداری ابعادی کم و جمع‌شدگی زیاد ضعفهای عمده‌ای برای ترکیبات قالبگیری ملامین-

* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: M.Beheshty@proxy.ipi.ac.ir



www.SID.ir

فرمالدهید محسوب می‌شوند، هرچند که با افزایش پرکننده‌ها و تقویت‌کننده‌ها در بعضی موارد این ضعفها برطرف می‌شوند، ولی نیاز به اصلاحات و تحقیقات بیشتر در این زمینه‌ها وجود دارد [۸-۶].

کامپوزیتهای تقویت شده با الیاف شیشه با آرایش اتفاقی موادی با خواص مطلوب‌اند. این ترکیبات روانی خوبی داشته و برای تولید محصولات با حجم زیاد و دارای قسمتهای پیچیده مصرف می‌شوند، بنابراین از ترکیبات یاد شده می‌توان برای ساختن قطعات مهندسی انبوه استفاده کرد. طراحی این آمیزه‌ها نیازمند تحقیق و توسعه بیشتر برای کاربردهای مهم است [۹].

هدف اصلی در این پژوهش، بررسی استفاده از الیاف شیشه و نقش آن بر خواص ترکیبات قالبگیری ملامین-فرمالدهید برای کاربردهای مهندسی است.

## تجربی

### مواد

در این پژوهش از رزین ملامین- فرمالدهید ساخت شرکت صنایع شیمیایی فارس و هگزامین، فتالیک انیدرید و روی استئارات نوع تجارتی و الیاف شیشه کوتاه نوع E مناسب ترکیبات قالبگیری به طول ۶ mm استفاده شده است.

### دستگاهها

از آسیاب چکشی، آسیاب گلوله‌ای و خشک‌کن با سیستم جریان هوا برای تهیه آمیزه، پرس برای قالبگیری ترکیبات، دستگاه آزمون DSC/TG از نوع STA۶۲۵ ساخت پلیمرلاب برای بررسی رفتار گرمایی، دستگاه اینسترون مدل ۶۰۲۵ برای آزمونهای کشش و خمش، میکروسکوپ الکترون پویشی ساخت کمبریج مدل ۳۶۰ stereo scan برای بررسی سطح شکست نمونه‌ها استفاده شده است.

### روشها

#### قالبگیری

قالبگیری این ترکیبات در فشار ۱۷۰ bar، دمای $150^{\circ}C$ و زمان ۲/۵ دقیقه انجام شد. از دو نوع قالب استفاده شد: قالب مستطیل شکل به ابعاد ۱۳۰×۱۰ mm و قالب دیسکی شکل به قطر ۵۱ mm.

#### روش تهیه آمیزه‌ها

مولکول ملامین دارای ۶ عامل فعال $NH_2$ است، بنابراین بین ۱ تا ۶ مول فرمالدهید قادر به انجام واکنش با هر مول ملامین است که نتیجه آن تهیه رزینهای با کاربردهای متفاوت خواهد بود. در سنتز رزینهای ملامین- فرمالدهید برای تهیه پودرهای قالبگیری نسبت ملامین به فرمالدهید ۱ به ۳ است که به این رزین مواد افزودنی مورد نیاز اضافه شده و پودرهای قالبگیری موردنظر تهیه می‌شود. اجزای اصلی که در این پژوهش در ترکیب قالبگیری ملامین- فرمالدهید مورد استفاده قرار گرفت در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- اجزای اصلی یک آمیزه قالبگیری ملامین- فرمالدهید.

| مواد | مقدار (Phr) |
|---|---|
| رزین ملامین-فرمالدهید | ۱۰۰ |
| هگزامین | ۰/۲ |
| فتالیک انیدرید | ۰/۲ |
| روی استئارات | ۱/۵ |

Archive of SID

در کلیه آمیزه‌های تهیه شده مقدار اجزای یاد شده در جدول ۱ ثابت بوده و فقط میزان الیاف شیشه تغییر کرده است و آمیزه‌هایی با ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰ و ۶۰ درصد وزنی الیاف شیشه به ترتیب با کدهای MG۳۰، MG۳۵، MG۴۰، MG۴۵، MG۵۰ و MG۶۰ تهیه شده‌است.

#### آزمونها

کلیه آزمونهای خواص فیزیکی و مکانیکی مطابق روشهای استاندارد ASTM انجام شده است. آزمونهای خواص فیزیکی از قبیل چگالی (ASTM D۷۴۲)، سختی سطح (ASTM D۲۲۴۰)، جمع‌شدگی (ASTM D۴۵۵)، جذب آب (ASTM D۵۷۰) و براقیت (با استفاده از دستگاه Rheopoint gloss meter) روی ترکیبات قالبگیری انجام شد و نیز آزمایشهای خواص مکانیکی شامل آزمون کشش (ASTM D۳۰۳۹)، خمش (ASTM D۷۹۰) و ضربه (ASTM D۲۵۶) روی نمونه‌های قالبگیری شده انجام گردید. خواص گرمایی آمیزه‌ها نیز با استفاده از روش DSC-TG مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج و بحث

### بررسی خواص فیزیکی

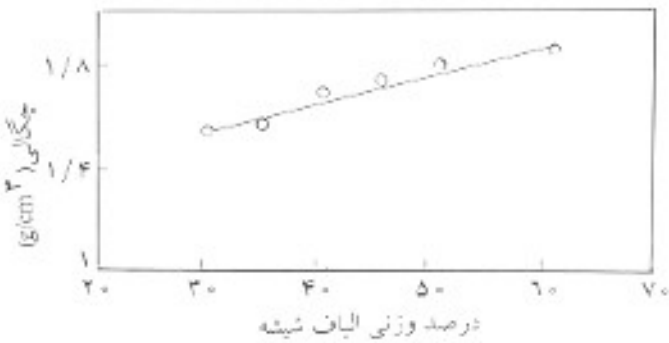
#### بررسی چگالی

یکی از ویژگیهای کامپوزیتها سبکی آنهاست، بنابراین برای ارزیابی اثر میزان الیاف شیشه بر چگالی ترکیبات قالبگیری، چگالی ترکیبات یاد شده معین شد که نتایج آن در شکل ۱ آورده شده است.

از آنجا که چگالی الیاف شیشه نوع E برابر $2/5\ g/cm^3$ و



www.SID.ir




شکل ۱ ـ چگالی ترکیبات ملامین ـ فرمالدهید تقویت شده با مقادیر مختلف الیاف شیشه.

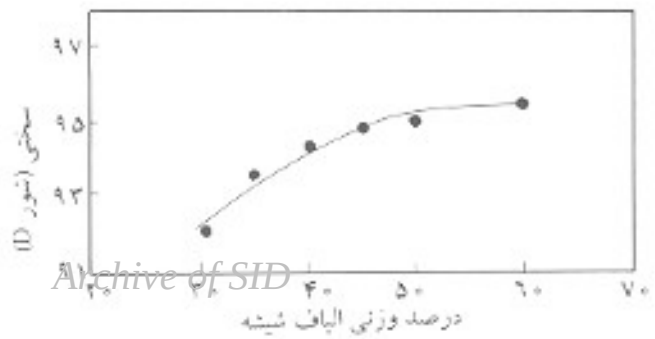
چگالی رزین ملامین ـ فرمالدهید g/cm³ ۱/۴۸ گزارش شده است [۸]. چگالی ترکیبات قالبگیری تهیه شده با مقادیر مختلف الیاف شیشه نیز بر اساس قانون مخلوطها [۱۰] محاسبه گردید که نتایج آن همراه با نتایج تجربی در شکل ۱ رسم شده است. این شکل نشان می‌دهد که با افزایش درصد الیاف شیشه چگالی این ترکیبات افزایش می‌یابد و تطابق خوبی بین نتایج محاسباتی و تجربی وجود دارد.

بررسی سختی سطح

سختی سطح در ترکیبات قالبگیری از اهمیت زیادی برخوردار است، بویژه اینکه از آنها برای کاربردهای پوشش سطح، دکوراسیون و کابینت استفاده می‌شود. بنابراین، ترکیبات قالبگیری یاد شده باید از سختی سطح زیادی برخوردار باشند. از نمونه‌های تقویت شده با درصدهای مختلف الیاف شیشه آزمون سختی به عمل آمد که نتایج آن در شکل ۲ آورده شده است. همان طور که انتظار می‌رود، با افزایش درصد وزنی الیاف، سختی سطح آمیزه‌ها افزایش می‌یابد. چون الیاف شیشه بطور قابل توجهی سخت‌تر از رزین ملامین ـ فرمالدهید است، در نتیجه با افزایش درصد وزنی الیاف شیشه سختی کامپوزیتهای آنها نیز افزایش می‌یابد.

جریان‌یابی

جریان‌یابی ترکیب قالبگیری از اهمیت زیادی برخوردار است، بویژه برای رزینهای گرماسختی که با روش قالبگیری فشاری شکل‌دهی می‌شوند. اگر جریان‌یابی کم باشد، پودر قالبگیری تمام قالب را پر نمی‌کند و بدین ترتیب قطعه سالم و بدون نقص بدست نمی‌آید. اگر جریان‌یابی زیاد باشد، مواد از قالب بیرون می‌ریزد و در این صورت قطعه با همان ضخامت دلخواه و عاری ازخلل و فرج حاصل نخواهد شد. در ضمن، حبابهای موجود در قطعه بسیار زیاد می‌شود و ضایعات مواد نیز افزایش می‌یابد. از این رو، جریان‌یابی آمیزه‌های قالبگیری



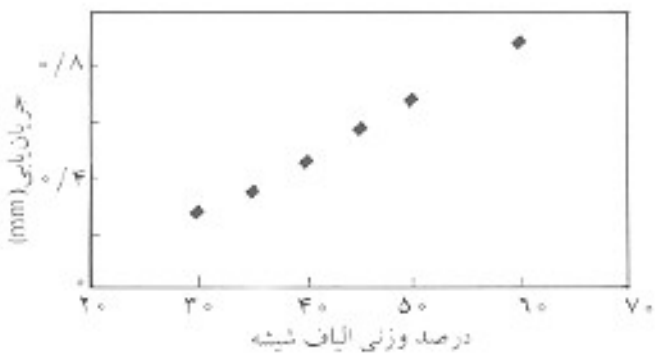

Archive of SID

شکل ۲ ـ سختی سطح آمیزه‌های متفاوت ملامین ـ فرمالدهید با مقادیر مختلف الیاف شیشه.

ملامین ـ فرمالدهید تقویت شده با درصدهای مختلف الیاف شیشه با روش جریان صفحه (disk flow) اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۳ آورده شده است. همان طور که دیده می‌شود، با افزایش درصد وزنی الیاف شیشه میزان ضخامت قطعه قالبگیری شده افزایش می‌یابد. به عبارت دیگر، نتایج بیانگر این است که با افزایش درصد الیاف شیشه از میزان جریان‌یابی آمیزه‌ها کاسته می‌شود که نتیجه‌ای قابل انتظار از چنین آمیزه‌هایی است، زیرا افزایش الیاف شیشه مانع از جریان‌یابی و سیلان رزین در قالب می‌شود.

بررسی جمع‌شدگی

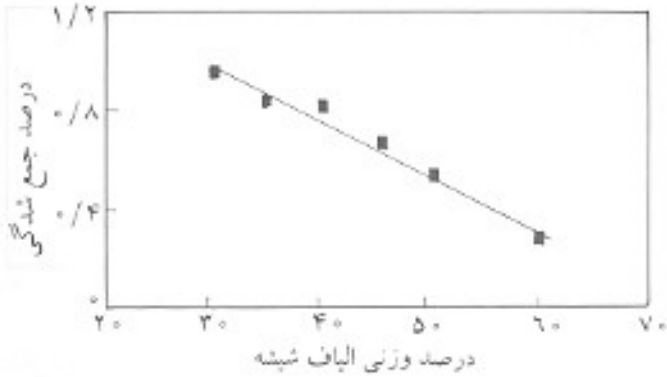
یکی از مشکلات ترکیبات قالبگیری ملامین ـ فرمالدهید جمع‌شدگی زیاد این ترکیبات پس از قالبگیری است. جمع‌شدگی زیاد رزینهای ملامین ـ فرمالدهید پس از پخت، ناشی از آن است که واکنشهای پخت آنها از طریق تراکم گروههای متیلول صورت می‌گیرد و همراه با آزاد شدن محصول فرعی آب است که به صورت بخار هنگام قالبگیری خارج می‌شود. به همین دلیل، امکان قالبگیری رزین ملامین ـ فرمالدهید




شکل ۳ ـ جریان‌یابی آمیزه‌های متفاوت ملامین ـ فرمالدهید با مقادیر مختلف الیاف شیشه.



www.SID.ir



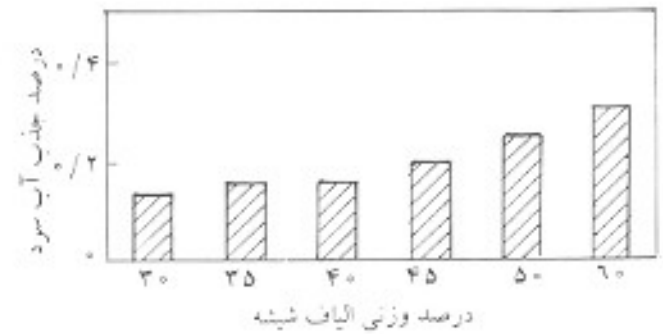

شکل ۴ - میزان جمع‌شدگی ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید با مقادیر مختلف الیاف شیشه.

به تنهایی وجود ندارد و همواره باید آن را به صورت ترکیب قالبگیری دارای پرکننده شکل داد. به همین منظور، میزان جمع‌شدگی آمیزه‌های مختلف اندازه‌گیری شد که نتایج آن در شکل ۴ آورده شده است. چنانچه دیده می‌شود با افزایش درصد وزنی الیاف شیشه جمع‌شدگی آمیزه به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد که این مشاهده به دلیل وجود الیاف شیشه است، زیرا جمع‌شدگی آمیزه ناشی از واکنشهای پخت رزین است و با افزایش مقدار الیاف و به عبارتی کاهش مقدار رزین در واحد حجم، جمع‌شدگی آن کاهش می‌یابد.

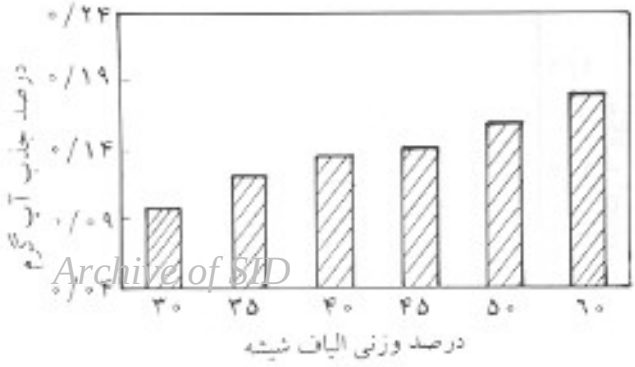
جذب آب

جذب آب ترکیبات قالبگیری یکی از مهمترین ویژگیهای آن است، بویژه ترکیباتی که در معرض رطوبت قرار می‌گیرند باید کمترین میزان جذب آب را داشته باشند.

الف - جذب آب سرد: مقادیر جذب آب سرد نمونه‌های تقویت شده با الیاف شیشه که مطابق استاندارد مربوط در دمای $25^{\circ}C$ و به مدت ۲۴




شکل ۵ - میزان جذب آب سرد ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید با مقادیر مختلف الیاف شیشه.




شکل ۶ - میزان جذب آب گرم ترکیبات قالبگیری مختلف ملامین - فرمالدهید با مقادیر مختلف الیاف شیشه.

ساعت انجام شد در شکل ۵ آورده شده است. چنانچه دیده می‌شود با افزایش درصد وزنی الیاف شیشه جذب آب نمونه‌ها زیاد می‌شود، ولی در کل این آمیزه‌ها میزان جذب آب کمی دارند. یادآوری می‌شود از آنجاکه امکان قالبگیری رزین ملامین - فرمالدهید به تنهایی وجود ندارد (در قسمت قبل شرح آن آمد)، امکان اندازه‌گیری جذب آب رزین به تنهایی مقدور نیست.

ب - جذب آب گرم: چنانچه در شکل ۶ دیده می‌شود با افزایش درصد الیاف، جذب آب نمونه‌ها در محیط گرم، که مطابق استاندارد مربوط در دمای $100^{\circ}C$ و به مدت نیم ساعت انجام شد، نیز افزایش می‌یابد. جذب آب چنین ترکیباتی در مقایسه با ترکیبات تقویت شده با الیاف آلفا سلولوز بسیار کمتر است و ناشی از آن است که الیاف شیشه در مقایسه با الیاف آلفا سلولوز قابلیت جذب آب کمتری دارند. به همین جهت، این قطعات جذب آب کمتری نسبت به ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید تقویت شده با الیاف آلفا سلولوز نشان می‌دهند.

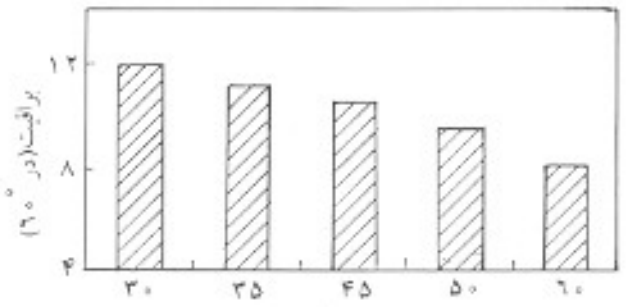
براقیت سطح

براقیت سطح ظاهری قطعات قالبگیری یکی از پارامترهای مهم در کاربردهای پوشش‌دهی سطح و کاربردهای دکوراسیونی و تزیینی است. بر این اساس روی آمیزه‌های مختلف تقویت شده با الیاف شیشه آزمون براقیت سطح انجام شد که نتایج آن در شکل ۷ آورده شده است.

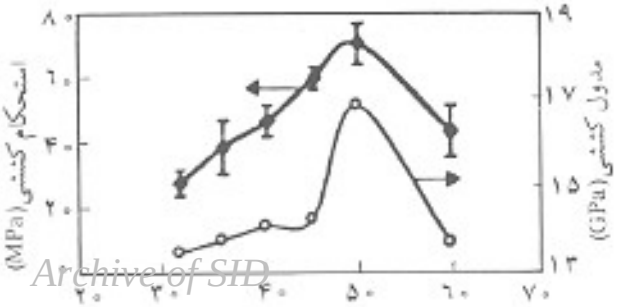
با توجه به اینکه الیاف شیشه جاذب نورند، به همین دلیل با افزایش درصد وزنی این الیاف جذب نور افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه انعکاس کمتر می‌شود و براقیت کاهش می‌یابد. اشاره می‌شود که در روش اندازه‌گیری براقیت، میزان براقیت مواد مختلف بین ۱ تا ۱۰۰



Archive of SID
www.SID.ir




شکل ۷ ـ براقیت سطح ترکیبات قالبگیری مختلف ملامین ـ فرمالدهید با درصدهای وزنی مختلف الیاف شیشه.




Archive of SID

شکل ۸ ـ خواص کششی آمیزه‌های تقویت شده با درصدهای وزنی مختلف الیاف شیشه.

درجه‌بندی شده است که بیشترین عدد مربوط به سطوح براق و کمترین میزان مربوط به سطوح مات و کدر است. چنانچه دیده می‌شود، آمیزه‌های قالبگیری ملامین ـ فرمالدهید تقویت شده با الیاف شیشه براقیت خوبی ندارد که از نقاط ضعف این ترکیبات در صورت استفاده از آنها در کاربردهای پوشش‌دهی است.

## بررسی خواص مکانیکی

### خواص کششی

با استفاده از آزمون کشش، استحکام کششی، مدول کششی و ازدیاد طول تا پارگی آمیزه‌های تقویت شده با الیاف شیشه بدست آمد که نتایج آن در شکل ۸ آورده شده است. این شکل نشان می‌دهد که با افزایش مقدار الیاف تا ۵۰ درصد خواص کششی بهبود می‌یابد و آمیزه دارای ۵۰ درصد وزنی الیاف شیشه از بیشترین استحکام و مدول برخوردار است. پس از این مقدار خواص افت می‌کند که آن هم به دلیل عدم آغشته شدن تمام الیاف به وسیله رزین است و جریان‌یابی نیز کاهش می‌یابد. در ضمن، رفتار تنش ـ کرنش کلیه آمیزه‌ها خطی است و میزان ازدیاد طول تا پارگی آنها از ۰/۵ درصد (آمیزه دارای ۶۰ درصد الیاف) تا ۰/۷۵ درصد (آمیزه دارای ۳۰ درصد الیاف) متغیر بوده است.

### خواص خمشی

با استفاده از این آزمون استحکام خمشی، مدول خمشی و میزان خمش آمیزه‌های تقویت شده با الیاف شیشه بدست آمد که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

چنانچه در جدول ۲ دیده می‌شود، آمیزه MG۵۰ از بیشترین استحکام خمشی برخوردار است. در اینجا نیز آمیزه MG۵۰ مناسبترین آمیزه است و اگرچه آمیزه MG۶۰ از بیشترین مدول برخوردار است، ولی با توجه به اینکه قطعات بدست آمده از این آمیزه استحکام خمشی و استحکام کششی کمتری دارند استفاده از این آمیزه مناسب نیست.

جدول ۲ ـ خواص خمشی و ضربه‌ای آمیزه‌های تقویت شده با مقادیر مختلف الیاف شیشه (اعداد داخل پرانتز نشان دهنده انحراف معیار داده‌های اندازه‌گیری شده است).

| کد آمیزه / خواص | MG۳۰ | MG۳۵ | MG۴۰ | MG۴۵ | MG۵۰ | MG۶۰ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| استحکام خمشی | ۹۹/۸۲ | ۱۰۶/۲۰ | ۱۱۲/۳۵ | ۱۴۰/۸۲ | ۱۷۵/۷۰ | ۱۲۷/۰۶ |
| (MPa) | (۸/۱۴) | (۸/۳۷) | (۱۳/۱۷) | (۷/۴۳) | (۱۴/۷۰) | (۸/۰۳) |
| مدول خمشی | ۱۱/۲۱ | ۱۲/۸۱ | ۱۳/۵۷ | ۱۳/۸۸ | ۱۴/۹۲ | ۱۷/۹۸ |
| (GPa) | (۱/۱۳) | (۱/۲۳) | (۱/۶۳) | (۱/۷۹) | (۱/۴۹) | (۱/۵۶) |
| میزان خمش | ۰/۹۷ | ۰/۹۳ | ۰/۹۰ | ۰/۹۰ | ۰/۸۸ | ۰/۷۵ |
| (٪) | (۰/۰۶) | (۰/۱) | (۰/۰۶) | (۰/۰۷) | (۰/۰۷) | (۰/۰۴) |
| استحکام ضربه‌ای ایزود | ۳/۸۶ | ۳/۹۸ | ۴/۰۲ | ۴/۳۲ | ۴/۶۵ | ۳/۳۶ |
| ($kJ/m^2$) | (۰/۳۳) | (۰/۳۴) | (۰/۲۶) | (۰/۴۱) | (۰/۳۷) | (۰/۵۳) |



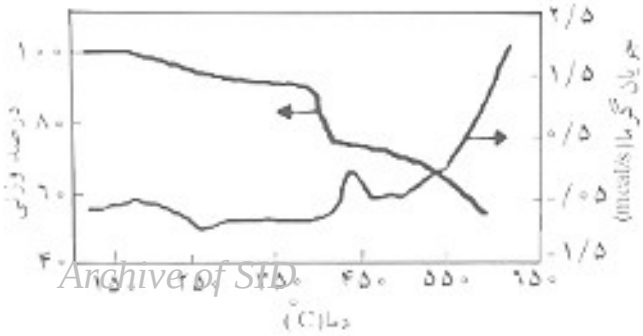
www.SID.ir

جدول ۳ - مقایسه خواص آمیزه‌های MG۵۰ و MT.

| خواص | MG۵۰ | MT |
|---|---|---|
| خواص فیزیکی: | | |
| چگالی ($g/cm^3$) | ۱/۷۸۲ | ۱/۴۹۴ |
| سختی (شور D) | ۹۵ | ۹۳/۶۲ |
| جریان‌یابی (mm) | ۰/۶۸۶ | ۱/۰۴۱ |
| جذب آب (٪) | | |
| آب گرم (۱۰۰°C و ۰/۵ h) | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۳۵ |
| آب سرد (۲۵°C و ۲۴ h) | ۰/۲۵۳ | ۰/۳۵۴ |
| براقیت | ۹/۵ | ۲۵/۷ |
| جمع‌شدگی (٪) | ۰/۵۲۹ | ۰/۸۰۵ |
| خواص مکانیکی: | | |
| استحکام کششی (MPa) | ۶۹/۲۲۸ | ۳۵/۲۳۸ |
| مدول کششی (GPa) | ۱۶/۷۴ | ۳/۵۹۸ |
| افزایش طول تا پارگی (٪) | ۰/۵۶۶ | ۱/۱۴۹ |
| استحکام خمشی (MPa) | ۱۷۵/۶۹۸ | ۹۶/۷۱۵ |
| مدول خمشی (GPa) | ۱۴/۹۲ | ۱۰/۲۱۸ |
| استحکام ضربه‌ای ($kJ/m^2$) | ۴/۶۵۲ | ۱/۴۹۵ |
| استحکام برشی بین‌لایه‌ای (MPa) | ۱۴/۲۶۸ | ۱۱/۲۵۷ |

استحکام ضربه‌ای

استحکام ضربه‌ای آمیزه‌های تقویت شده با الیاف شیشه در جدول ۲ آورده شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که آمیزه MG۵۰ نیز



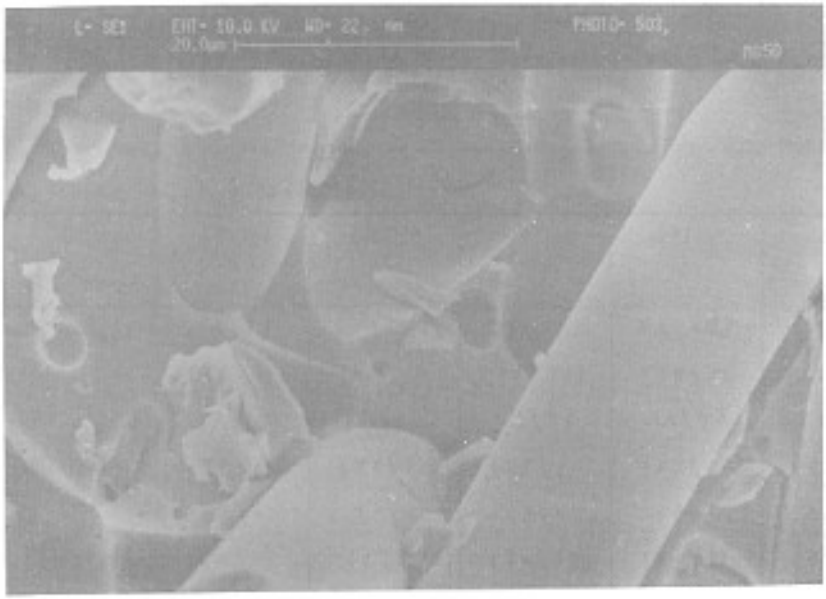

Archive of SID

شکل ۹ - گرمانگاشت DSC-TG ترکیب قالبگیری ملامین - فرمالدهید دارای ۳۵ درصد وزنی الیاف شیشه.

از بیشترین استحکام ضربه‌ای برخوردار است.

از آنجا که در این پژوهش هدف تهیه آمیزه‌هایی بوده است که بتواند در کاربردهای ساختاری مورد استفاده قرار گیرد، خواص فیزیکی و مکانیکی ترکیبات قالبگیری ملامین - فرمالدهید تجاری (MT) که با حدود ۳۵ درصد وزنی الیاف سلولوز تقویت شده‌اند و در ساخت ظروف آشپزخانه از آنها استفاده می‌شود نیز معین و نتایج آن همراه با خواص آمیزه MG۵۰، که با توجه به مباحث قبل خواص بهینه دارد، برای مقایسه در جدول ۳ ارائه شده است. طبق این جدول، اگرچه چگالی MG۵۰ بیشتر از آمیزه MT است و براقیت کمتری نسبت به آن دارد، ولی خواص دیگر آن مثل سختی سطح، جریان‌یابی، جذب آب و جمع‌شدگی بمراتب بهتر از نمونه MT است.

از نظر خواص مکانیکی نیز نمونه MG۵۰ استحکام کششی، مدول کششی، استحکام خمشی، مدول خمشی، استحکام ضربه‌ای و



شکل ۱۰ - تصویر SEM سطح شکست آمیزه MG۵۰ با بزرگنمایی ۲۰۰۰.



www.SID.ir

استحکام برشی بین‌لایه‌ای بمراتب بیشتری نسبت به نمونه MT دارد. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که از آن می‌توان در کاربردهای ساختاری استفاده کرد.

### بررسی رفتار گرمایی

پایداری گرمایی یکی از ویژگیهای حائز اهمیت ترکیبات قالبگیری است، به همین جهت روی آمیزه MG۳۵ آزمایش DSC-TG انجام شد که نتایج آن در شکل ۹ ارائه شده است. این شکل نشان می‌دهد که پخت نمونه‌ها در حدود $150^{\circ}C$ اتفاق می‌افتد. اگرچه از حدود $450^{\circ}C$ تخریب آن آغاز می‌شود، ولی تخریب اساسی آن از حدود $550^{\circ}C$ شروع می‌شود. گرمانگاشت TG نمونه بیانگر بالا بودن مقاومت گرمایی آمیزه‌های تقویت شده با الیاف شیشه است.

### مطالعات میکروسکوپی

به کمک میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM)، سطح شکست آمیزه MG۵۰ مورد بررسی قرار گرفت که نمونه‌ای از آن در شکل ۱۰ آورده شده است. این بررسی نشان می‌دهد که چسبندگی الیاف به رزین در آمیزه خیلی خوب نیست و شکست الیاف، بیرون شدن الیاف از رزین، جداشدن فصل مشترک و شکست ماتریس بروشنی مشاهده می‌شود. اما، فصل مشترک نمونه استحکام متوسطی دارد، زیرا بقایایی از رزین نیز روی بعضی از قسمتهای الیاف مشاهده می‌شود. این ویژگی ناشی از آن است که عمل‌آوری الیاف شیشه مصرفی به گونه‌ای بوده است که سازگاری بسیار خوبی با رزین پلی‌استر سیرنشده داشته باشد. از این رو، سازگاری بسیار خوبی را نمی‌توان از آنها با رزین ملامین-فرمالدهید انتظار داشت. به همین جهت، در صورت عمل‌آوری الیاف با عوامل اتصال دهنده مناسب، خواص مکانیکی بمراتب بهتری از آنچه در جدول ۳ نشان داده شده است حاصل خواهد شد.

## نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که افزودن الیاف کوتاه شیشه به رزینهای ملامین-فرمالدهید سبب افزایش چگالی و سختی سطح، کاهش جمع‌شدگی، جریان‌پایی، براقیت ومیزان جذب آب آنها شده است. آمیزه‌های ملامین-فرمالدهید تقویت شده با الیاف شیشه در مقایسه با آمیزه‌های ملامین-فرمالدهید تقویت شده با الیاف سلولوز از خواص مکانیکی بمراتب بهتری برخوردار است. از تقویت کننده الیاف شیشه می‌توان تامیزان ۵۰ درصد وزنی در این آمیزه‌ها استفاده کرد. همچنین، آمیزه‌های تقویت شده با الیاف شیشه از مقاومت گرمایی زیادی نیز برخوردارند و تخریب گرمایی آنها از دمای $450^{\circ}C$ آغاز می‌شود.

## قدردانی

از مسئولان محترم شرکت صنایع شیمیایی فارس بویژه آقایان بازغی، محمدنیا، پذیرایی و کلانتری به دلیل همکاری بی‌شائبه در این طرح صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

Archive of SID

## مراجع

1. Sandler S. R. and Karo W.; *Polymer Synthesis*; **2**, Academic, 1997.
2. Brydson J. A.; *Plastic Materials*; University, Cambridge, 1989.
3. Lee S. M.; *International Encyclopedia of Composite*; **1**, VCH, 1998.
4. Mark H. F. et al.; *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*; 1, John Wiley & Sons, Canada, 1985.
5. Dominghaus H.; *Plastics for Engineers, Materials*, Properties, Applications; Hanser, New York, 1993.
6. Braun D., Unvercht R., Modification of Melamine-Formaldehyde Molding Compounds with Epoxy Resins; *Angew. Makromol. Chem.*; **237**, 1-44, 1996.
7. Braun D. and Unvercht R., Modification of Melamine-Formaldehyde Molding Compounds with Ethylene/Vinyl Acetate Copolymers; *Angew. Makromol. Chem.*; **222**, 61-87, 1994.
8. Sheldon R. P.; *Composite Polymer Materials*; University of Bradford, Wiley Interscience, Canada, 1982.
9. Hagstrand P. O., Rychwalski R. W. and Klason C., Microstructure and Analysis of a New Ternary Melamine-Formaldehyde; *Polym. Eng. Sci.*; **38**, 8, 1324-36, August 1998.
10. Agarwal B. D. and Broutman L. J.; *Analysis and Performance of Fiber Composites*; (2nd Ed), Wiley, 1990.



www.SID.ir